PART4 地球の放射平衡温度

目標　地球の放射平衡温度とは何か，正しく説明できる。

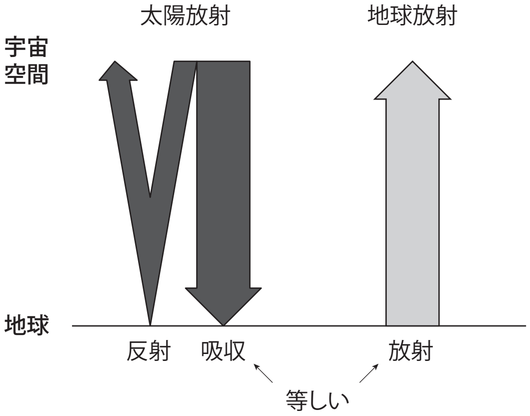
Chapter1　地球の放射平衡温度

地球と宇宙空間の間の熱のやりとりは，放射によって行われています。地球の受け取る放射エネルギーと地球から放射されるエネルギーがつり合っている条件について，少し詳しく見ていきましょう。

放射平衡温度

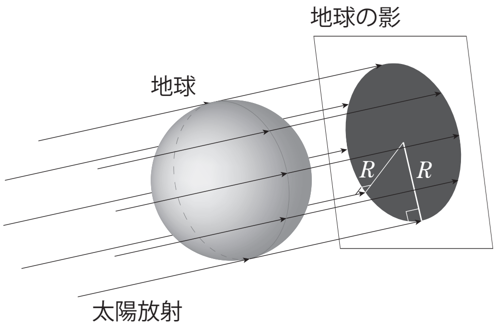
・放射平衡温度とは

天体の受け取る放射エネルギーと，天体から放射されるエネルギーが等しくなるような温度を**放射平衡温度**という。



地球の放射平衡温度は，地球に（海 / 大気）がないと考えたときの地表面の温度に対応する。

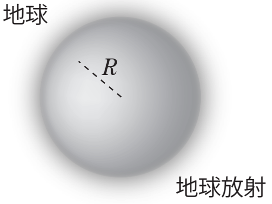
・地球の受け取る放射エネルギー



地球に対して単位時間に入射する放射エネルギーの総量は，地球が遮る太陽放射の総量と等しい。これは，地球の半径を R としたとき，太陽定数に（πR^2 ／ $2\pi R^2$ ／ $4\pi R^2$）を掛けたものにあたる。

地球はその放射のすべてを吸収するわけではなく，一部を反射する。入射した放射エネルギーに対して反射するエネルギーの占める割合を**アルベド**という。地球のアルベドは，約（0.3 ／ 0.7）である。

・地球の放射するエネルギー



地球が単位時間に放射するエネルギーの総量は，地球の半径を R としたとき，単位表面積から放射されるエネルギーの平均値に（πR^2 ／ $2\pi R^2$ ／ $4\pi R^2$）を掛けたものにあたる。

・地球の放射平衡温度

地球の放射平衡温度は約（255K ／ 300K）と求められて，これは実際の地表面の平均温度より（12K ／ 33K）程度（高い ／ 低い）。この違いをもたらす最大の原因は，地球の大気による温室効果である。

まとめ

・天体の受け取る放射エネルギーと，天体から放射されるエネルギーが等しくなるような温度を＿＿＿＿＿＿＿＿という。

・地球の大気は＿＿＿＿＿＿をもつため，実際の地表面の平均温度は地球の放射平衡温度より 30K 以上高い。

Chapter2　演習問題

ここでは，地球の放射平衡温度を実際に求めてみましょう。以下では地球の半径を R，太陽定数を S_0，シュテファン・ボルツマン定数を σ，円周率を π とします。

問題(1)　地球の受け取る放射エネルギーについて述べた次の文章中の空欄［ **ア** ］・［ **イ** ］に入る式を答えましょう。

地球に対して単位時間に入射する放射エネルギーの総量は，地球が遮る太陽放射の総量と等しい。このことから，地球に対して単位時間に入射する放射エネルギーの総量は R，S_0，π を用いて［ **ア** ］と表せる。

地球はその放射のすべてを吸収するわけではなく，一部を反射する。地球のアルベドを A とおくと，地球が単位時間に吸収する放射エネルギーの総量は R，S_0，π，A を用いて［ **イ** ］と表せる。

ここがPOINT

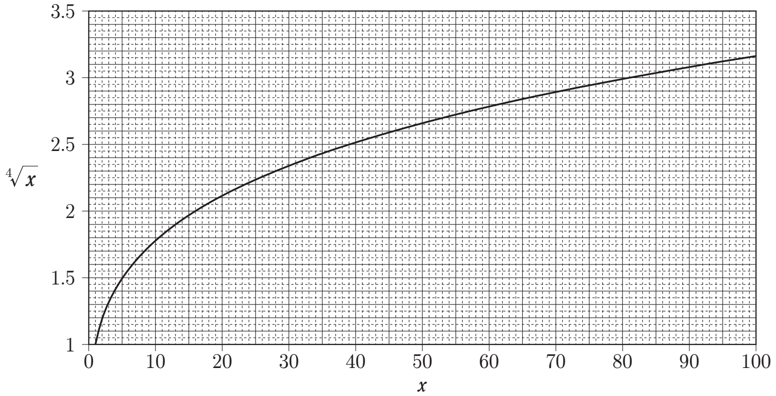
アルベド A は反射率なので，地球に入射したエネルギーのうち地球が吸収するエネルギーの占める割合は $1-A$ と表せます。

問題(2)　地球の放射するエネルギーについて述べた次の文章中の空欄［ **ウ** ］・［ **エ** ］に入る式を答えましょう。

地球を表面温度が T の黒体であると考えよう。このとき，地球の単位表面積から単位時間に放射されるエネルギーは T，σ を用いて［ **ウ** ］と表せる。よって，地球が単位時間に放射するエネルギーの総量は R，T，σ，π を用いて［ **エ** ］と表せる。

問題(3)　**問題(1)**と**問題(2)**の結果をもとにして，地球の放射平衡温度を R，S_0，π，A，σ のうち必要なものを用いた式で表しましょう。

問題(4)　$R = 6.4 \times 10^3$ km，$S_0 = 1.4 \times 10^3$ W/m^2，$\pi = 3.1$，$A = 0.31$，$\sigma = 5.7 \times 10^{-8}$ W/(m^2・K^4) とします。このとき，地球の放射平衡温度は何 K でしょうか。また，それは何℃でしょうか。**問題(3)**の結果を用いて，それぞれ整数値で答えましょう。必要であれば，x と $\sqrt[4]{x}$ の関係を表す次の図を用いてください。



第 12 講　PART4　確認問題

問 1　次の文章を読み，下の問いに答えよ。

地球に対して単位時間に入射する太陽放射のエネルギーの総量は，（　ア　）× πR^2 と表される。ただし，R は地球の半径である。地球に入射した放射エネルギーに対して反射するエネルギーの占める割合を（　イ　）といい，地球全体での平均値は約（　ウ　）である。

(1)　空欄ア，イに入る語句として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　ア：放射平衡温度　　イ：太陽定数
②　ア：放射平衡温度　　イ：アルベド
③　ア：太陽定数　　イ：放射平衡温度
④　ア：太陽定数　　イ：アルベド

(2)　空欄ウに入る数値として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　0.1　　②　0.3　　③　0.6　　④　0.9

問 2　次の文章を読み，下の問いに答えよ。

天体が吸収するエネルギーと放射するエネルギーが等しくなるときの温度を放射平衡温度という。地球の放射平衡温度は約 255 K と計算され，これは地表面の平均温度より（　エ　）。

(1)　空欄エに入る語句として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　18 K 程度高い　　②　18 K 程度低い
③　33 K 程度高い　　④　33 K 程度低い

⑵　地球の放射平衡温度と地表面の平均温度との間の違いの最大の原因は何か。最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　温室効果　　　②　海流

③　地球の自転　　④　地球の公転

第 12 講　地球表層の熱収支

PART1　シュテファン・ボルツマンの法則

問題(1)　垂直，$4\pi r^2$，垂直

問題(2)　ア：$4\pi S_0 r^2$

問題(3)　イ：σT^4　ウ：$4\pi R^2$　エ：$4\pi\sigma R^2 T^4$

問題(4)　オ：$\sqrt[4]{\dfrac{S_0 r^2}{\sigma R^2}}$，6000K

PART2　ウィーンの変位則

問題(1)　X：紫外線　Y：可視光線　Z：赤外線

問題(2)　a

問題(3)　ア：288　イ：10　ウ：0.5　エ：6000

λ，反比例

PART3　地球の全球熱収支と温室効果

問題(1)　アルベド

問題(2)　赤外線，９割，赤外線

問題(3)　周囲からエネルギーを受け取る，周囲にエネルギーを放出する

問題(4)　x：50　y：60　z：100

PART4　地球の放射平衡温度

問題(1)　ア：$\pi S_0 R^2$　イ：$\pi S_0 (1-A) R^2$

問題(2)　ウ：σT^4　エ：$4\pi\sigma R^2 T^4$

問題(3)　$\sqrt[4]{\dfrac{S_0(1-A)}{4\sigma}}$

問題(4)　255K，−18℃

第 12 講　PART4　確認問題　解答

問 1

（1）④

解説：
単位時間に地球に入射する太陽放射のエネルギーの総量は，地球が遮る太陽放射の総量に等しい。地球に入射した放射エネルギーの一部は反射され，その割合をアルベドという。

（2）②

解説：
地球全体でのアルベドの平均値は約 0.3 である。

問 2

（1）④

解説：
地表面の平均温度は約 288 K である。

（2）①

解説：
地球の放射平衡温度は，大気がない場合の地表面の温度に対応している。実際には大気があり，大気の温室効果によって，地表面の平均温度は放射平衡温度より高くなる。